

# Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/EP05/050418

International filing date: 01 February 2005 (01.02.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: DE  
Number: 10 2004 035 551.7  
Filing date: 22 July 2004 (22.07.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 05 April 2005 (05.04.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland  
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

21 MAR 2005

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 10 2004 035 551.7

**Anmeldetag:** 22. Juli 2004

**Anmelder/Inhaber:** Siemens Aktiengesellschaft,  
80333 München/DE

**Bezeichnung:** Sensor und Verfahren zu dessen Herstellung

**Priorität:** 06. Februar 2004 DE 10 2004 005 927.6

**IPC:** G 01 N 27/414

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 17. März 2005  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
im Auftrag

Wallner



Beschreibung

Sensor und Verfahren zu dessen Herstellung

5 Die Erfindung betrifft einen Sensor, beispielsweise Gassen-  
sor, Beschleunigungssensor oder Drucksensor mit siliziumhal-  
tigen Bauteilen mittels der elektrische Signale bei vorhande-  
nem Analyten oder bei mechanischer Verformung auslesbar sind,  
sowie ein Herstellungsverfahren.

10

Die in der Luft enthaltene Feuchte bildet an der Oberfläche  
von siliziumhaltigem Material einen dünnen Wasserfilm, der zu  
erhöhter Oberflächenleitfähigkeit führt. Die durch diese Er-  
höhung entstehenden Leckströme stellen für viele Sensoren,  
15 die mit Luft in Kontakt stehen ein Problem bezüglich der Sta-  
bilität und des Signalverhaltes dar.

15

Um Feuchteeinflüsse auf Sensorsysteme zu vermeiden, werden  
diese zur Zeit, falls möglich gekapselt aufgebaut. Ist der  
20 Kontakt mit der Umgebungsluft für das Sensorprinzip zwingend  
erforderlich, beispielsweise Gassensoren, greift man auf pas-  
sive, wasserabweisende Membranen zurück. Heizen auf Tempera-  
turen von deutlich über 100°C löst das Problem ebenso, ist  
jedoch mit erheblichen Energieaufwand verbunden.

20

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde einen Sensor mit ei-  
nem Halbleiterkörper bereitzustellen, dessen Feuchteempfind-  
lichkeit bzw. dessen Leckströme wesentlich reduziert  
ist/sind. Weiterhin ist ein Herstellungsverfahren anzugeben.

30

Die Lösung dieser Aufgaben geschieht durch die jeweilige  
Merkmalskombination von Anspruch 1 bzw. Anspruch XXX. Vor-  
teilhafte Ausgestaltungen sind den Unteransprüchen entnommen  
werden.

35

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass das aus der  
Glasbeschichtung bekannte Verfahren der Silanisierung auch

auf die Halbleitertechnologie übertragen werden kann. Hierbei entsteht auf der siliziumhaltigen Oberfläche eine Monolage der gängigen, hydrophoben Molekülketten, die die Adsorption von Wassermolekülen unterbinden. Hierfür eignen sich alle hydrophoben Molekülketten, die eine stabile Verbindung mit der Oberfläche eingehen. Somit kann bis zu hohen Luftfeuchtigkeiten, nahezu 100%, kein geschlossener Wasserfilm entstehen, der die unerwünschte Oberflächenleitfähigkeit begünstigt.

Siliziumhaltige Bauelemente können nach der Silanisierung ungeheizt und ungekapselt an Umgebungsluft betrieben werden, ohne dass störende Einflüsse durch Feuchte induzierte Oberflächenströme zum Tragen kommen.

Allgemein ausgedrückt wird der in dieser Siliziumtechnologie als Basis verwendete Halbleiterkörper silanisiert. Dabei können sowohl reines Silizium, als auch oberflächlich vorhandene Siliziumverbindungen behandelt werden.

Die Einsatzbereiche für derartige gegen Feuchtigkeit unempfindliche Halbleitersensoren auf Siliziumbasis sind beispielsweise Gassensoren, Drucksensoren oder allgemein sämtliche im Betrieb mit im Wesentlichen Luftfeuchtigkeit in Kontakt kommende Sensoren. Daher werden bei Gassensoren Analyten wie Zielgase detektiert und bei Druck- oder Beschleunigungssensoren mechanische Formänderungen.

Im Folgenden werden anhand der schematischen, die Erfindung nicht einschränkenden Zeichnungen Ausführungsbeispiele beschrieben.

Figur 1 zeigt einen Vergleich zwischen einem silanisierten Wasserstoffsensoren und einem ohne hydrophobe Deckschicht,

Figur 2 zeigt eine Darstellung bei verschiedenen Feuchte-  
werten und zusätzlichen Gasen,

Figur 3 zeigt den Stand der Technik in Form eines Floating-  
Gate-FET.

Die Funktionsweise der Silanisierung auf Siliziumnitrid und  
oxidiertem Polysilizium wurde speziell an einem Gassensor,  
einem Floating-Gate-Feldeffekttransistor (FGFET) erprobt und  
genauer untersucht. Ebenso können andere Ausführungen von  
FETs verwendet werden, wie beispielsweise Suspended Gate  
FETs. Die Fig. 3 zeigt den schematischen Aufbau des verwend-  
eten FGFETs.

#### Funktionsweise

Die an der sensitiven Schicht, durch Gasbeaufschlagung ent-  
stehende Potentialänderung wird über den durch das floatende  
Gate und kapazitiven Well (Elektrode) aufgespannten Span-  
nungsteiler zum MOSFET geleitet und führt dort zu einer  
Stromänderung zwischen Drain D und Source S. Die floatende  
Elektrode ist, um sie vor störenden Leckströmen zu schützen,  
mit einer Nitrid-, bzw. Oxidschicht bedeckt. Dennoch können  
Potentiale durch einen leitendem Feuchtefilm auf dieser Pas-  
sivierung noch kapazitiv einkoppeln. Um dies zu unterdrücken  
ist eine Äquipotentialfläche, der sog. Guardring, auf der  
Oberfläche, um das empfindliche Gate herum, angeordnet. Bei  
höheren Luftfeuchtigkeiten (>50%) treten dennoch erhöhte  
Oberflächenströme auf, die zu starker Signaldrift führen. Um  
dies zu verhindern, ist es notwendig die Entstehung eines  
Feuchtefilms zu unterbinden. Beim Silanisieren werden nun  
sehr hydrophobe Molekülketten auf der bestehenden Passivie-  
rung aufgebracht, bevor das hybride Gate montiert wird. Da  
die Klebeverbindung des Gates nun auf dieser Schicht nicht  
mehr haftet, sind auf dem Chip zusätzliche Aluminium-Klebe-  
Pads notwendig, da dort die Silanisierung nicht haftet. Durch  
diesen Prozess bleiben die so hergestellten, ungeheizten Gas-

sensoren auch bei hohen Feuchten nahezu vollkommen stabil. Nachfolgende Messung zeigt, siehe **Fig. 1**, den Vergleich zwischen einem silanisierten und einem unbehandelten Wasserstoffsensor bei verschiedenen Feuchten.

5

Die starke Drift und "Verformung" der Wasserstoffsignale wird durch die Silanisierung wirkungsvoll unterbunden. Die verbleibenden kleinen Feuchte-Stufen im silanisierten Signal werden vom Dipolsignal des Wassers auf der sensitiven Platinschicht verursacht und sind nicht weiter störend.

10

Um eine präzise Aussage über die Oberflächenleitfähigkeit machen zu können, wurde obiger FGFET mit Oberflächen ohne hydrides Gate sowohl silanisiert, wie unsilanisiert aufgebaut.

15

Um die sehr kleinen Ströme qualitativ zu messen, machte man sich die Empfindlichkeit des floatenden Gates zu Nutze. Bei beiden Chips wurde der Guardring mit einem Rechteckgenerator angesteuert und die feuchteabhängige Einkopplung auf die Transistoren gemessen. Die Frequenz wurde hierbei sehr niedrig gewählt (0,1Hz), um frequenzabhängige Effekte in den RC-Gliedern auszuschließen. Je höher die Oberflächenleitfähigkeit, desto größer ist die Einkopplung des Rechteckgenerators in den Transistor. Die Darstellung entsprechend **Fig. 2** enthält eine Gegenüberstellung dieser Messungen bei verschiedenen Feuchten und zusätzlichen Gasen. Der Strom in den Transistoren wird hierbei über eine Feedback Elektronik konstant gehalten. Die resultierenden Signale entstammen dem Feedback-Regelkreis und geben somit das am floatenden Gate anliegende Potential wieder.

20

25

30

35

Es ist zu erkennen, dass sämtliche Feuchteeinflüsse nach der Silanisierung verschwunden sind. Die Verbleibende Einkopplung ist nur noch kapazitiv. Die Reaktion des Nitrides auf NO<sub>2</sub> ist bei der silanisierten Version verschwunden. Dafür zeigt sich eine erhöhte Empfindlichkeit auf NH<sub>3</sub>. Dies ist bei dem für die Silanisierung verwendeten Trichlorsilan, insbesondere

n-Octadecyltrichlorsilan, als Ausgangssubstanz zu erwarten, da Laugen wie Ammoniak die Bindungen an die Nitrid-Passivierung angreifen. Gegen Säuren hingegen (wie  $\text{NO}_2$ ) ist die Schicht besonders stabil. Die Proben mit oxidiertem Polysilizium zeigen das selbe Verhalten.

5



Patentansprüche

1. Sensor mit siliziumhaltigen Bauteilen an dessen sensitivem Detektionselement elektrische Signale mittels eines Siliziumhalbleitersystems auslesbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass die siliziumhaltigen Bauteile zur Vermeidung von Störsignalen aufgrund von Feuchtigkeit mit einer Schicht aus hydrophobem Material belegt sind.
2. Sensor nach Anspruch 1, bei dem das hydrophobe Material aus Molekülketten besteht, die mit Silizium eine stabile Bindung bilden.
3. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Molekülketten eine einlagige Schicht bilden.
4. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die siliziumhaltigen Bauteile aus Silizium, Siliziumnitrid oder oxidiertem Silizium bestehen.
5. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Siliziumhalbleitersystem ein Feldeffekttransistor (FET) ist.
6. Sensor nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei Gassensor, ein Drucksensor oder ein Beschleunigungssensor vorliegt.
7. Verfahren zur Herstellung eines Gassensors mit einer in einem Feldeffekttransistor (FET) mit siliziumhaltigen Bauteilen integrierten gassensitiven Schicht, an welcher elektrische Signale entsprechend einem vorhandenen Zielgas mittels des FETs auslesbar sind, bei dem  
siliziumhaltige Bauteile mittels Silanisierung mit einer hydrophoben Schicht belegt werden und  
weitere zum FET zugehörige Bauteile, wie eine hybride Elektrode/Gate nachträglich montiert wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6, bei dem zur Silanisierung ein Silan verwendet wird.

5 9. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem zur Silanisierung ein Trichlorsilan verwendet wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem zur Silanisierung ein n-Octadecyltrichlorsilan ( $C_{18}H_{37}Cl_3Si$ ) verwendet wird.

10

## Zusammenfassung

### Sensor und Verfahren zu dessen Herstellung

- 5    Sensor mit siliziumhaltigen Bauteilen an dessen sensitivem  
Detektionselement elektrische Signale entsprechend einem vor-  
handenen Analyten mittels eines Siliziumhalbleitersystems  
auslesbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass die siliziumhal-  
tigen Bauteile zur Vermeidung von Störsignalen aufgrund von  
10   Feuchtigkeit mit einer Schicht aus hydrophobem Material be-  
legt sind.

Sig. Fig. 1

15

FIG 1

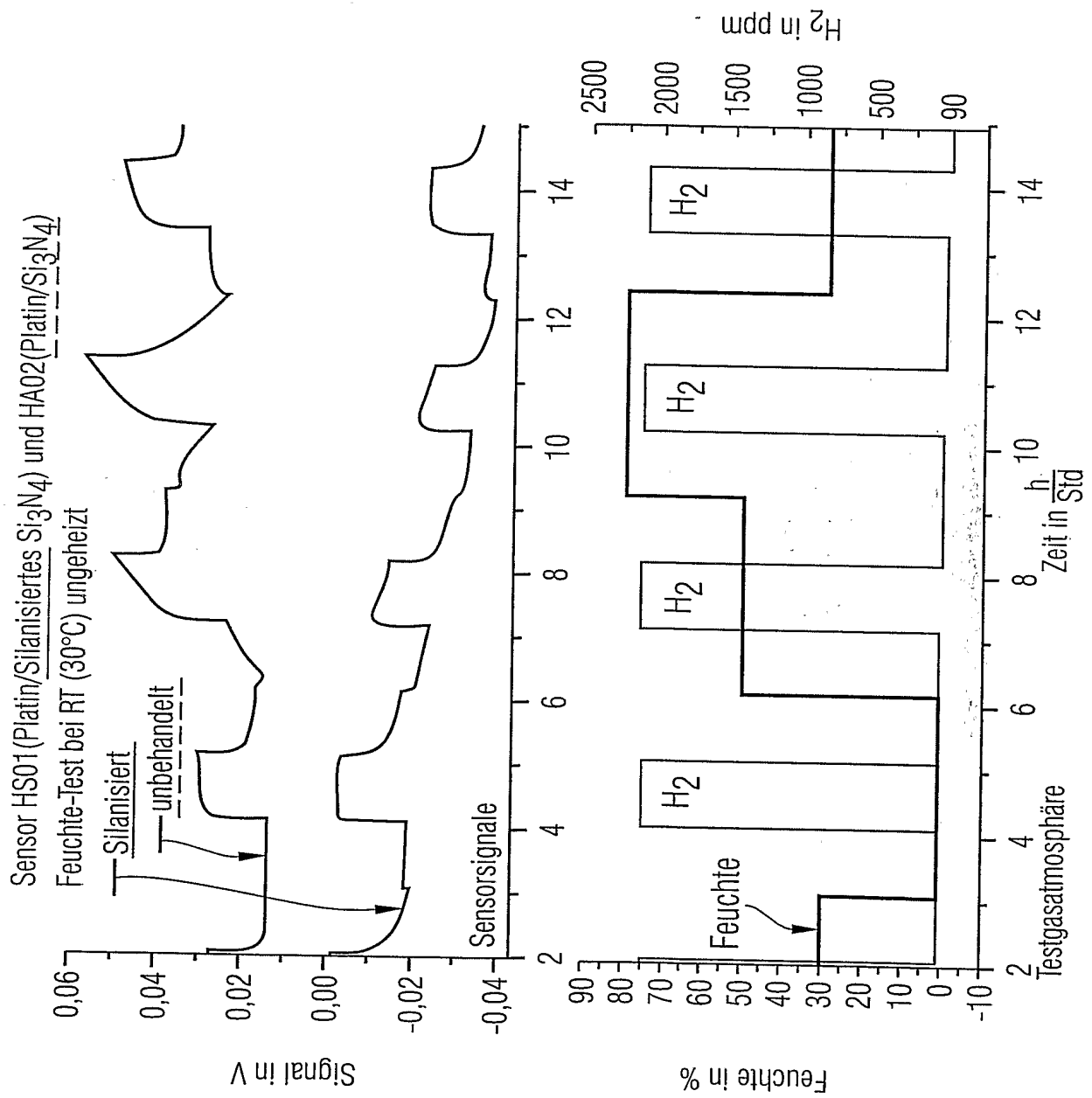


FIG 2

Durch Guardansteuerung mit Rechteck  $\pm 0.5V$  erhält man eine Aussage über die Oberflächenleitfähigkeit des Materials in Abhängigkeit von Feuchte und in Kombination mit Gasen.

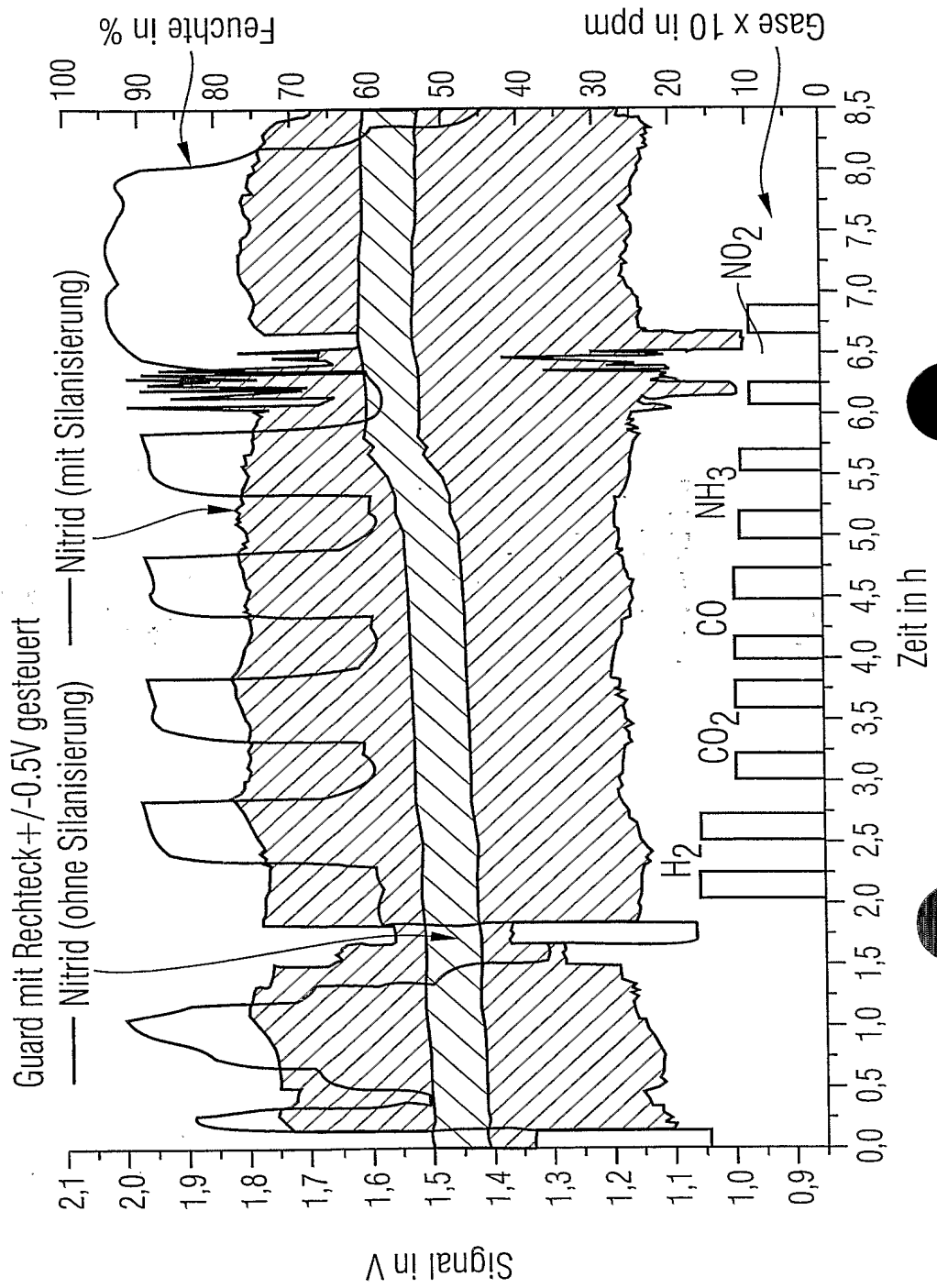
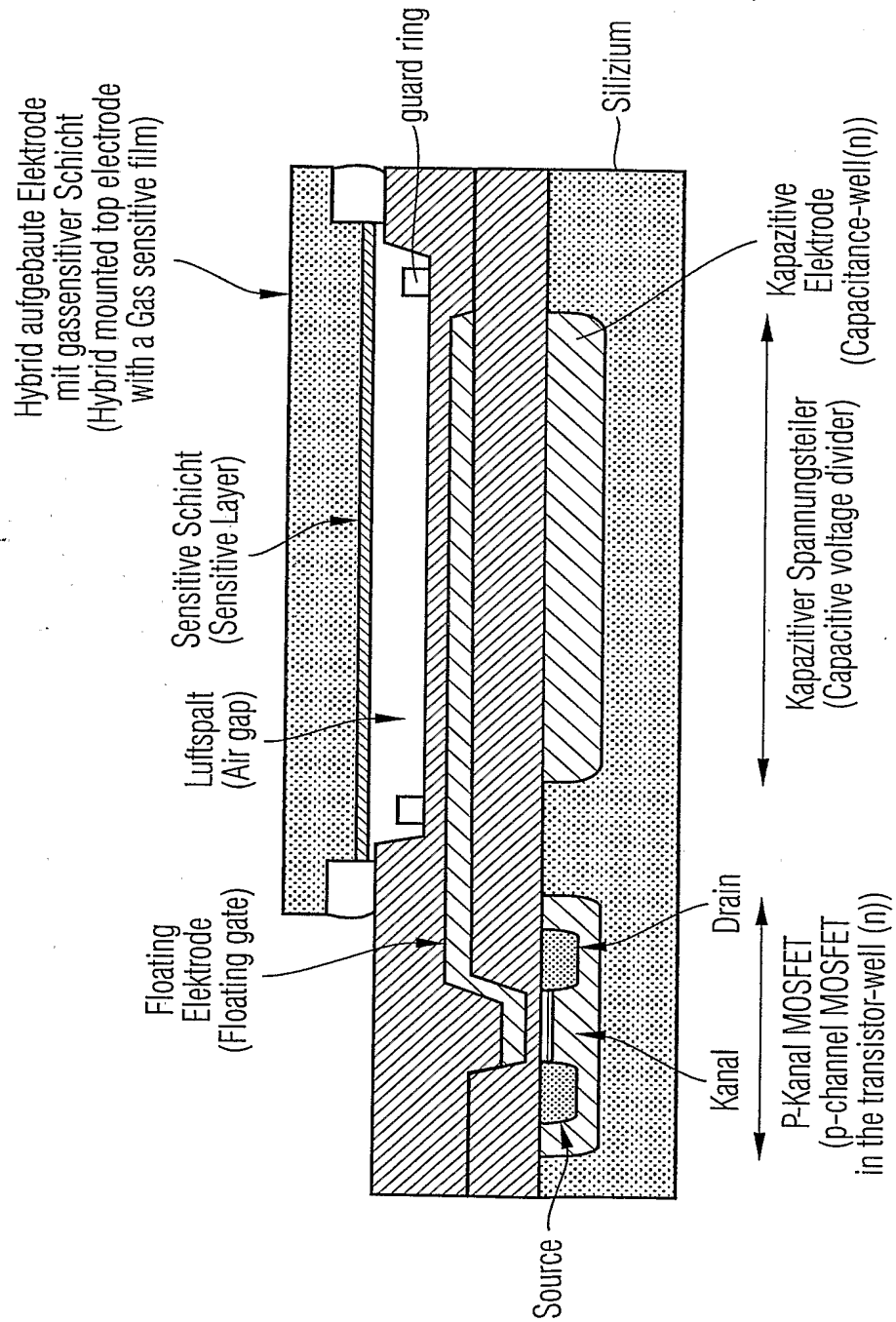


FIG 3



Handwritten notes and markings in the top right corner, including a small diagram of a line with an arrow and some illegible text.

